

DOI: 10.15276/ETR.03.2026.9

DOI: 10.5281/zenodo.20684091

UDC: 658.5:005:502

JEL C44, D81, L23, O31, Q56

Received: 2026-03-05, Revised: 2026-04-17, Accepted: 2026-04-30, Published: 2026-05-13

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ПРІОРИТЕТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

A MULTI-CRITERIA APPROACH TO SUBSTANTIATING THE PRIORITIES OF ENTERPRISE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT UNDER CIRCULAR TRANSFORMATION BASED ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Stanislav V. Suslikov, PhD in Economics, Associate Professor
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
ORCID: 0000-0001-5779-7610
Email: Stanislav.Suslikov@khp.edu.ua

Сусликов С.В. Багатокритеріальний підхід до обґрунтування пріоритетів технологічного розвитку підприємства в умовах циркулярної трансформації на основі методу аналізу ієрархій. Науково-методична стаття.

За сучасних умов підприємства функціонують у середовищі, де посилюються ресурсні обмеження, екологічні вимоги та потреба в технологічному оновленні. Це зумовлює необхідність пошуку таких підходів до вибору напрямів розвитку, які дають змогу враховувати не лише економічні, а й стратегічні, екологічні та циркулярні аспекти. Основна увага у статті приділена багатокритеріальному підходу на основі методу аналізу ієрархій як інструменту обґрунтування пріоритетів технологічного розвитку підприємства. Розглянуто систему критеріїв оцінювання альтернатив модернізації та доведено важливість урахування циркулярної придатності технології. Результати дослідження підтверджують доцільність використання такого підходу для підтримки управлінських рішень в умовах циркулярної трансформації.

Ключові слова: технологічний розвиток, метод аналізу ієрархій, багатокритеріальне оцінювання, циркулярна економіка, інновації, організаційно-економічний механізм

Suslikov S.V. A Multi-Criteria Approach to Substantiating the Priorities of Enterprise Technological Development under Circular Transformation Based on the Analytic Hierarchy Process. Scientific and methodical article.

Under current conditions, enterprises operate in an environment marked by growing resource constraints, stricter environmental requirements, and an increasing need for technological renewal. This creates the necessity to identify such approaches to selecting development priorities that make it possible to take into account not only economic, but also strategic, environmental, and circular aspects. The article focuses on a multi-criteria approach based on the Analytic Hierarchy Process as a tool for justifying the priorities of enterprise technological development. The system of criteria for evaluating modernization alternatives is examined, and the importance of considering the circular suitability of a technology is substantiated. The findings confirm the expediency of using this approach to support managerial decision-making under conditions of circular transformation.

Keywords: technological development, Analytic Hierarchy Process, multi-criteria evaluation, circular economy, innovations, organizational and economic mechanism

Технологічний розвиток підприємства в умовах переходу до циркулярної економіки вже не можна розглядати лише як процес оновлення виробничої бази. Насправді йдеться про значно ширший і складніший вибір, від якого залежить не тільки те, якими будуть технологічні зміни, а й те, як саме підприємство використовуватиме ресурси, яким буде його вплив на довкілля, наскільки безпечними залишатимуться виробничі процеси і чи зможе воно зберегти свої переваги в майбутньому. У цьому зв'язку пріоритет технологічного розвитку постає не просто як перелік бажаних напрямів модернізації, а як спосіб визначити ті рішення, що найбільше відповідають як поточним потребам підприємства, так і його довгостроковим орієнтирам. Однак у науковій літературі зміст цього поняття не має єдиного тлумачення. Для одних дослідників вирішальним залишається економічний ефект, для інших на перший план виходять технічне оновлення або екологічний результат. Саме тому в умовах циркулярної трансформації вибір напрямку модернізації вже не може спиратися лише на очікувану вигоду. Його доцільність дедалі більше визначається тим, наскільки технологія здатна забезпечити ресурсозбереження, повторне використання матеріалів, повернення побічних продуктів у виробничий цикл і узгодження короткострокових рішень із довгостроковими цілями розвитку. З огляду на це альтернативи технологічного розвитку слід оцінювати не відокремлено одна від одної, а в цілісному поєднанні економічних, екологічних, безпекових і циркулярних ознак.

Практичний вимір порушеної проблеми полягає в тому, що помилки під час вибору напрямку модернізації призводять до закріплення ресурсоємних виробничих рішень, зростання майбутніх витрат, підвищення екологічних платежів, послаблення конкурентних позицій підприємства та втрати можливостей для повторного залучення

ресурсів у господарський обіг. Саме тому її розв'язання має значення не лише для розвитку методичного інструментарію багатокритеріального оцінювання, а й для практики обґрунтування технологічної модернізації підприємств у межах циркулярної моделі господарювання.

Аналіз останніх публікацій по проблемі

Проблематика технологічного розвитку підприємства в умовах циркулярної трансформації розглядається в сучасній літературі у кількох взаємопов'язаних площинах. N. Bocken [1], M. Geissdoerfer [2] та J. Kirchherr [3] сформулювали теоретичне підґрунтя дослідження циркулярної економіки, показавши, що її зміст пов'язаний не лише зі зменшенням відходів, а й із перебудовою моделей створення вартості, використання ресурсів і господарської взаємодії. T. Kristoffersen [4] доводить, що циркулярні перетворення на рівні підприємства потребують цифрової простежуваності матеріальних потоків, а G. Moraga [5] акцентує увагу на складності оцінювання циркулярності через неоднорідність наявних показників. X. Xie [6] і A. Tighnavard Balasbaneh [7] обґрунтовують доцільність застосування багатокритеріальних методів для вибору рішень у сфері циркулярного розвитку, однак відмічають, що склад критеріїв і логіка їх поєднання залишаються дискусійними. У цьому ж методичному руслі С.В. Сусліков та ін. [8] порівняли можливості АНР і TOPSIS для інформаційно-аналітичної підтримки вибору проектів і показали, що багатокритеріальні процедури придатні для роботи зі складними альтернативами, у яких поєднуються якісні й кількісні критерії. Для цього дослідження такі висновки важливі, оскільки вони підтверджують придатність ієрархічного підходу до впорядкування складного управлінського вибору.

Серед вітчизняних науковців М.В. Руда, Т.С. Яремчук, М.Г. Бортнікова [9] дослідили адаптацію європейського досвіду циркулярної економіки до українських умов; Н.І. Горбаль, Ю.Р. Ломага [10] розкрили значення циркулярної економіки для сталого розвитку підприємств; О.Г. Мельник, М.Л. Злотнік [11] охарактеризували стан і тенденції розвитку циркулярних процесів у регіональному вимірі; І.Я. Кулиняк, Г.Р. Коpecь [12] підтвердили придатність методу аналізу ієрархій для впорядкування складних економічних рішень. Разом із тим у більшості вітчизняних праць переважає або загальнотеоретичний, або інституційний, або описовий підхід, тоді як завдання обґрунтування саме пріоритетів технологічного розвитку підприємства на основі узгодженого багатокритеріального вибору розроблено недостатньо.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Невирішеною раніше частиною загальної проблеми залишається відсутність цілісного методичного підходу, який дозволяв би обґрунтовувати пріоритети технологічного розвитку підприємства в умовах циркулярної трансформації на основі

узгодженого багатокритеріального вибору. Насамперед ідеться про нечітке визначення місця циркулярної придатності технології в системі критеріїв, нестачу прикладних моделей, які одночасно враховують економічну доцільність, стратегічну стійкість, екологічну прийнятність, безпечність і здатність технології забезпечувати замкнення ресурсних потоків, а також про недостатню увагу до перевірки стійкості такого вибору в різних сценарних умовах.

Формулювання цілей дослідження (постановка завдання)

Метою статті є розроблення багатокритеріального підходу до обґрунтування пріоритетів технологічного розвитку підприємства в умовах циркулярної трансформації на основі методу аналізу ієрархій.

Для досягнення поставленої мети у статті передбачено:

- 1) сформувати систему критеріїв оцінювання альтернатив технологічного розвитку підприємства;
- 2) обґрунтувати місце критерію циркулярної придатності в загальній структурі вибору;
- 3) визначити ваги критеріїв і оцінити альтернативи технологічної модернізації на основі попарних порівнянь;
- 4) розрахувати інтегральні пріоритети альтернатив і перевірити стійкість отриманих результатів у межах сценарного аналізу.

Оригінальність дослідження полягає в розробленні багатокритеріального підходу до обґрунтування пріоритетів технологічного розвитку підприємства, у межах якого циркулярну придатність включено до загальної системи вибору як самостійний критерій оцінювання альтернатив модернізації.

Отже, дослідження спрямоване не лише на ранжування альтернатив технологічної модернізації, а й на обґрунтування методичної основи їх включення до логіки циркулярного управління підприємством.

Матеріали та методи

Методично дослідження ґрунтується на методі аналізу ієрархій, який дає змогу подати проблему вибору у вигляді тривірневої структури «мета – критерії – альтернативи» [13-15]. Формально ієрархія задається як:

$$\begin{aligned} G &= \text{вибір пріоритетного напрямку} \\ &\text{технологічного розвитку підприємства,} \\ K &= \{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6\}, \\ A &= \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}, \end{aligned} \quad (1)$$

де K_1 – перспективність технології;
 K_2 – стратегічна стійкість;
 K_3 – економічна доцільність;
 K_4 – екологічна прийнятність;
 K_5 – техногенна безпечність;
 K_6 – циркулярна придатність технології;
 A_1 – A_5 – альтернативні моделі технологічного розвитку підприємства.

Основою розрахунків є матриця попарних порівнянь (A) критеріїв або альтернатив. Локальні ваги елементів (Aw) визначаються з рівняння власного вектора:

$$Aw = \lambda_{\max} w, \quad (2)$$

де w – вектор локальних ваг;

λ_{\max} – найбільше власне значення матриці.

Нормування ваг задається умовою $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$, де w_i – вага i-го критерію або альтернативи; n – кількість елементів у матриці.

Для перевірки логічної узгодженості суджень обчислюються індекс узгодженості $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ та відношення узгодженості $CR = CI / RI$, де RI – випадковий індекс Саати для матриці відповідного порядку. Прийнятним вважається рівень узгодженості, за якого $CR < 0.10$.

Глобальний пріоритет альтернативи (P_j) визначається як зважена сума локальних пріоритетів:

$$P_j = w_1 p_{(1j)} + w_2 p_{(2j)} + \dots + w_n p_{(nj)}, \quad (3)$$

де P_j – базовий глобальний пріоритет j-ї альтернативи;

w_i – вага i-го критерію;

p_{ij} – локальний пріоритет j-ї альтернативи за i-м критерієм;

n – кількість критеріїв.

Оскільки в статті вводиться критерій циркулярної придатності технології, для нього побудовано окремий індикатор циркулярної сумісності альтернативи (CCI_j):

$$CCI_j = \omega_1 c_{1j} + \omega_2 c_{2j} + \omega_3 c_{3j} + \omega_4 c_{4j} + \omega_5 c_{5j}, \quad (4)$$

де CCI_j – індекс циркулярної сумісності j-ї альтернативи;

ω_r – вага r-го підкритерію циркулярної придатності;

c_{rj} – оцінка j-ї альтернативи за r-м підкритерієм;

m – кількість підкритеріїв циркулярної придатності.

Для інтеграції базового АНР-пріоритету з циркулярним виміром використано скоригований глобальний пріоритет (P^*_j):

$$P^*_j = \alpha P_j + (1 - \alpha) CCI_j, \quad (5)$$

де α – коефіцієнт вагомості базового технологічного пріоритету, який у базовому варіанті прийнято $\alpha = 0.7$;

P_j – базовий АНР-пріоритет;

CCI_j – індекс циркулярної сумісності.

Для перевірки чутливості результатів застосовано сценарний аналіз, у межах якого зміна пріоритету альтернативи (ΔP_j) визначається за формулою:

$$\Delta P_j = P_{j,s} - P_{j,0}, \quad (6)$$

де $P_{j,s}$ – значення пріоритету в сценарії s;

$P_{j,0}$ – базове значення пріоритету.

Експертні оцінки для побудови матриць попарних порівнянь отримано шляхом анкетування фахівців промислових підприємств, консультантів із виробничої модернізації та науково-педагогічних працівників, які спеціалізуються на питаннях ресурсоефективності, екологічного управління й циркулярної трансформації. До складу експертної групи увійшли керівники виробничих підрозділів, технічні директори, фахівці з енергоменеджменту, екологи підприємств і спеціалісти з розвитку виробничих систем, тобто респонденти, які мають практичний досвід оцінювання наслідків технологічного вибору. Опитування проводилося за структурованою анкетною із застосуванням шкали Саати, а узагальнення індивідуальних суджень здійснювалося на основі середнього геометричного. Прийнятність матриць попарних порівнянь перевірялася за показником відношення узгодженості, що дало змогу забезпечити внутрішню узгодженість експертних оцінок і придатність одержаних ваг для подальших розрахунків. Емпіричну основу дослідження становили підприємства машинобудування, металообробки, харчової промисловості та суміжних секторів.

Виклад основних результатів та їх обґрунтування

Оцінювання пріоритетів технологічного розвитку підприємства здійснено в межах багатокритеріальної моделі, у якій порівнювалися п'ять альтернатив:

- 1) традиційна модернізація;
- 2) енергоефективна модернізація;
- 3) ресурсозберігаюча модернізація;
- 4) циркулярна модернізація;
- 5) кластерно-симбіотична модель.

Порівняння виконано за шістьма критеріями: перспективністю технології, стратегічною стійкістю, економічною доцільністю, екологічною прийнятністю, техногенною безпечністю та циркулярною придатністю. Результати попарного порівняння критеріїв наведено в табл. 1 (Примітка. Матриця критеріїв є внутрішньо узгодженою $\lambda_{\max} = 6,2024$; $CI = 0,0405$; $CR = 0,0326$).

Найбільшу вагу отримав критерій економічної доцільності – 0,3579, що є закономірним для виробничих систем, де будь-яке рішення щодо модернізації проходить через фільтр інвестиційної спроможності, строку окупності та впливу на собівартість продукції. Водночас друге місце посів критерій циркулярної придатності – 0,2514. Саме ця обставина є принциповим змістовним результатом моделі, оскільки засвідчує включення циркулярного виміру до ядра технологічного вибору.

Таблиця 1. Попарне порівняння 6 критеріїв

Критерії	К ₁	К ₂	К ₃	К ₄	К ₅	К ₆	Вага
К ₁ Перспективність	1	2	1/5	1/3	2	1/4	0,0840
К ₂ Стратегічна стійкість	1/2	1	1/5	1/3	1/2	1/4	0,0529
К ₃ Економічна доцільність	5	5	1	2	4	2	0,3579
К ₄ Екологічна прийнятність	3	3	1/2	1	3	1/2	0,1813
К ₅ Техногенна безпечність	1/2	2	1/4	1/3	1	1/3	0,0726
К ₆ Циркулярна придатність	4	4	1/2	2	3	1	0,2514

Джерело: власна розробка автора

Далі за значущістю розмістилися екологічна прийнятність – 0,1813, перспективність технології – 0,0840, техногенна безпечність – 0,0726 та стратегічна стійкість – 0,0529. Графічно структура ваг подана на рис. 1.

Критерій циркулярної придатності деталізовано через п'ять підкритеріїв. Найбільшу вагу має зниження ресурсоемності продукції – 0,4174, далі

йдуть заміщення первинної сировини вторинною – 0,2634, повернення побічних продуктів у цикл – 0,1602, сумісність з індустріальним симбіозом – 0,0975 та цифрова простежуваність потоків – 0,0615. Таким чином, у моделі циркулярна придатність інтерпретується насамперед як виробничо-ресурсна, а не декларативно екологічна характеристика.

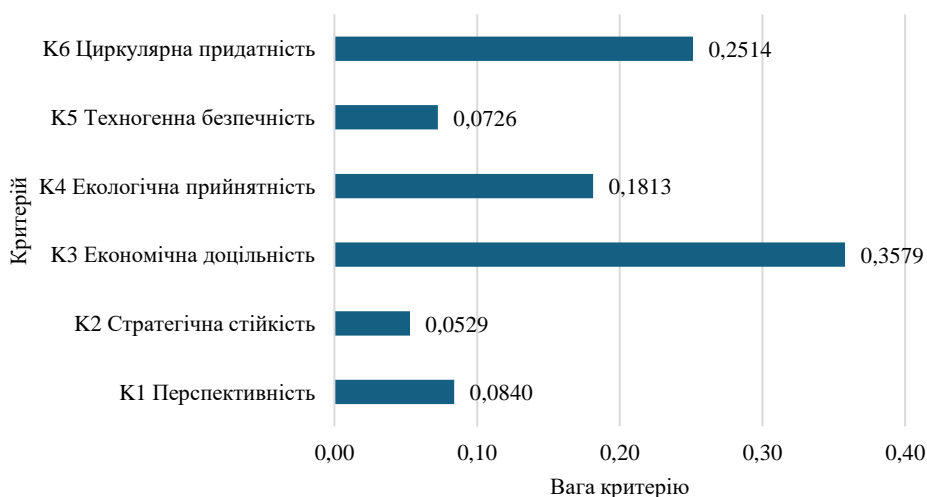


Рисунок 1. Ваги критеріїв моделі АНР

Джерело: власна розробка автора

Для перевірки якості розрахунків оцінено узгодженість блоків, де застосовано АНР-процедуру. Показник CR коректно визначається лише для матриць попарних порівнянь, тому для альтер-

натив, оцінених методом прямого експертно-аналітичного шкалювання, він не обчислюється. Результати наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Відношення узгодженості за всіма критеріями та альтернативами

Блок оцінювання	Метод отримання ваг	λ_{\max}	CI	CR	Примітка
Критерії К ₁ –К ₆	АНР-матриця	6,2024	0,0405	0,0326	Узгодженість прийнятна
Підкритерії К ₆ (С ₁ –С ₅)	АНР-матриця	5,0680	0,0170	0,0152	Узгодженість прийнятна
Альтернативи А ₁ –А ₅	Експертно-аналітичне оцінювання	–	–	–	CR не розраховується

Джерело: власна розробка автора

Після цього було визначено індекс циркулярної сумісності альтернатив. Найвище значення отримала ресурсозберігаюча модернізація – 0,2401, далі йдуть енергоефективна модернізація – 0,2225, циркулярна модернізація – 0,2188, кластерно-симбіотична модель – 0,1790 та традиційна модернізація – 0,1396. Проте остаточний вибір визначається не ізольованим значенням CCI, а його

поєднанням з базовим нормованим пріоритетом. Підсумкові результати наведено в табл. 3.

За базовим нормованим пріоритетом перше місце посідає циркулярна модернізація – 0,2241, однак після врахування нормованого індексу циркулярної сумісності лідером стає ресурсозберігаюча модернізація – 0,2252.

Таблиця 3. Глобальні пріоритети

Альтернатива	Базовий пріоритет P_j	Індекс циркулярної сумісності CCI_j	Скоригований інтегрований пріоритет P^*_j	Ранг за P^*_j
A1 Традиційна модернізація	0,1489	0,1396	0,1461	5
A2 Енергоефективна модернізація	0,2069	0,2225	0,2116	3
A3 Ресурсозберігаюча модернізація	0,2188	0,2401	0,2252	1
A4 Циркулярна модернізація	0,2241	0,2188	0,2225	2
A5 Кластерно-симбіотична модель	0,2013	0,1790	0,1946	4

Джерело: власна розробка автора

Циркулярна модернізація займає дуже близьку другу позицію – 0,2225, енергоефективна модернізація отримує 0,2116, кластерно-симбіотична модель – 0,1946, традиційна модернізація – 0,1461. Отже, інтегроване оцінювання змінює не загальну логіку моделі, а щільність пріоритетів усередині групи найсильніших альтернатив.

Сценарний аналіз показує стійкість цієї конфігурації. У базовому сценарії нормовані пріоритети становлять: A1 – 0,1489; A2 – 0,2069; A3 – 0,2188; A4 – 0,2241; A5 – 0,2013. В еколого-обмеженому

сценарії співвідношення майже не змінюється: 0,1480; 0,2065; 0,2187; 0,2245; 0,2024 відповідно. У циркулярно-трансформаційному сценарії посилюються ресурсозберігаюча та енергоефективна модернізація: A2 зростає до 0,2091, A3 – до 0,2220, тоді як A4 зберігає близький до базового рівень – 0,2230. Отже, сценарні зміни не руйнують структуру моделі, а лише перерозподіляють переваги всередині групи лідерів. Графічно ці результати подано на рис. 2 і рис. 3.

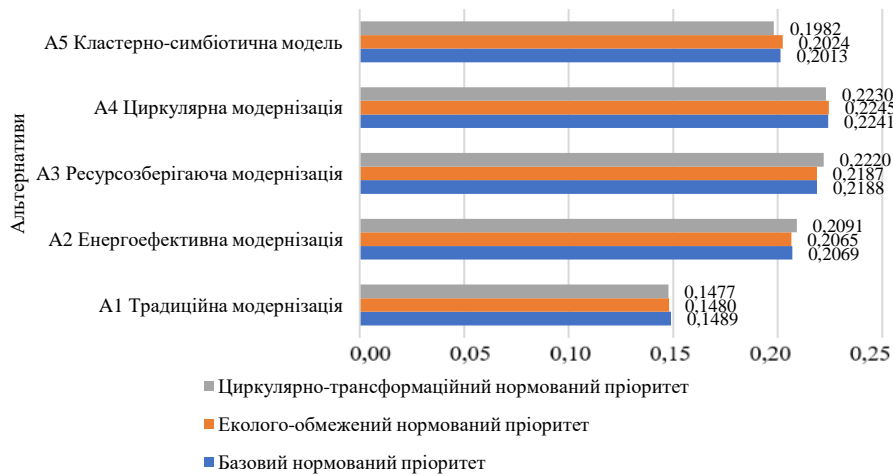


Рисунок 2. Сценарний аналіз пріоритетів альтернатив

Джерело: Власна розробка автора

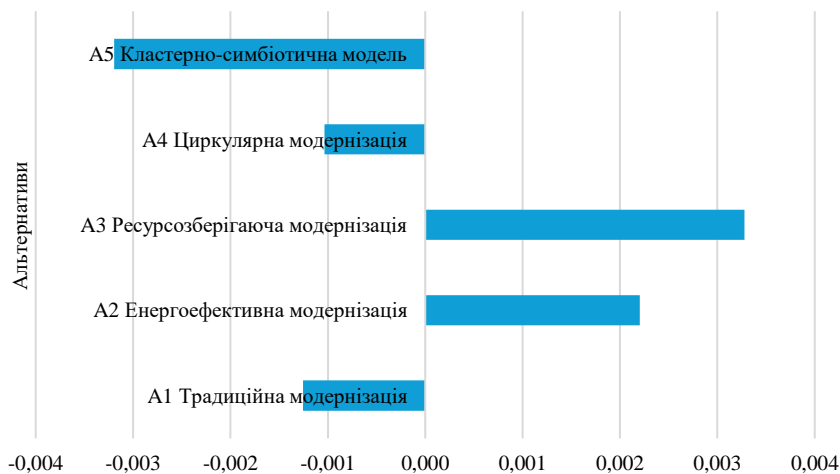


Рисунок 3. Сценарний аналіз пріоритетів альтернатив порівняно з базовим сценарієм

Джерело: власна розробка автора

Сценарний аналіз підтвердив стійкість одержаного розподілу пріоритетів. За всіх розглянутих умов найсильніші позиції зберігають ресурсозберігаюча та циркулярна модернізація, тоді як традиційна модернізація посідає найнижчі ранги. Це свідчить про те, що за посилення ресурсних, екологічних і регуляторних обмежень найбільш обґрунтованими напрямками технологічного розвитку підприємства залишаються альтернативи, зорієнтовані на зниження ресурсоємності та замикання потоків.

Висновки та перспективи подальших досліджень

У статті розроблено багатокритеріальний підхід до обґрунтування пріоритетів технологічного розвитку підприємства в умовах циркулярної трансформації на основі методу аналізу ієрархій. Побудована модель дала змогу поєднати в єдиній системі оцінювання економічну доцільність, стратегічну стійкість, екологічну прийнятність, техногенну безпечність і циркулярну придатність технології.

На відміну від поширених підходів, у яких циркулярність здебільшого розглядається як похідна ознака екологічності, у цій роботі її включено до ядра процедури вибору як самостійний критерій. Саме це дозволило точніше відобразити вимоги циркулярної трансформації під час обґрунтування напрямів технологічної модернізації підприємства.

За результатами розрахунків встановлено, що найбільшу вагу в системі критеріїв має економічна доцільність – 0,3579, проте другим за значущістю виступає циркулярна придатність технології – 0,2514. Це свідчить про зміну логіки технологічного вибору в напрямі ресурсної замкненості та довгострокової стійкості. У структурі циркулярного блоку визначальними виявилися зниження ресурсоємності продукції – 0,4174 і заміщення первинної сировини вторинною – 0,2634, тобто саме ті параметри, які безпосередньо відображають глибину виробничо-ресурсної трансформації підприємства.

Інтегральне оцінювання показало, що за базовим пріоритетом перше місце посідає

циркулярна модернізація, але після врахування індексу циркулярної сумісності лідером стає ресурсозберігаюча модернізація. Це означає, що остаточний вибір визначається не перевагою за одним показником, а збалансованістю альтернативи в просторі економічних, екологічних, безпекових і циркулярних характеристик.

Сценарна перевірка показала, що переваги альтернатив, орієнтованих на ресурсозбереження та замикання потоків, зберігаються і за зміни умов оцінювання. Це дає підстави розглядати їх не лише як кращі варіанти в межах побудованої моделі, а і як найбільш стійкі напрями технологічної модернізації підприємства в умовах наростання ресурсних і регуляторних обмежень.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропонований підхід може бути використаний як аналітичний інструмент підтримки управлінських рішень у межах організаційно-економічного механізму циркулярного управління підприємством. Його застосування дозволяє не лише ранжувати альтернативи технологічного розвитку, а й узгоджувати технологічний вибір із фінансовими, виробничими, екологічними та стратегічними пріоритетами підприємства.

Разом із тим результати дослідження слід тлумачити з урахуванням певних обмежень. Побудована модель спирається на експертне оцінювання і відображає узагальнену логіку вибору, тому значення ваг і підсумкові ранги можуть змінюватися залежно від галузевої специфіки, складу експертної групи та конкретних умов господарювання. Крім того, модель не охоплює всього спектра цифрових індикаторів простежуваності матеріальних потоків і всіх форм міжпідприємницької симбіотичної взаємодії.

Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язати з галузевою адаптацією системи критеріїв і ваг, розширенням емпіричної бази оцінювання альтернатив, а також із включенням до моделі динамічних цифрових показників, що відображають простежуваність потоків, якість вторинних ресурсів і параметри міжпідприємницької кооперації.

Abstract

Introduction. The article addresses the problem of selecting priorities for enterprise technological development under circular transformation. It argues that modernization decisions can no longer be based solely on current costs or payback periods, since their effectiveness also depends on strategic resilience, environmental acceptability, industrial safety, and the ability of a technology to support closed-loop resource use. Particular attention is paid to integrating circular suitability into the core logic of technological choice rather than treating it as an auxiliary environmental characteristic.

Purpose. The purpose of the study is to develop a multicriteria approach to substantiating priorities of enterprise technological development under circular transformation based on the Analytic Hierarchy Process and to justify the inclusion of circular suitability as an independent criterion in the overall evaluation system.

Results. A hierarchical evaluation model has been developed that combines six criteria: technology potential, strategic resilience, economic feasibility, environmental acceptability, industrial safety, and circular suitability. The results show that economic feasibility has the highest weight, while circular suitability ranks second, confirming a shift in technological choice toward resource closure and long-term sustainability. Within the circular block, the most influential subcriteria are the reduction of resource intensity and the substitution of virgin raw

materials with secondary resources. The model was tested on five alternative development trajectories: traditional modernization, energy-efficient modernization, resource-saving modernization, circular modernization, and a cluster-symbiosis model. After integrating the normalized circular compatibility index into the model, resource-saving modernization achieved the highest integrated priority of 0.2252, followed closely by circular modernization with 0.2225. Energy-efficient modernization occupied an intermediate position, whereas traditional modernization showed the lowest result. Scenario analysis confirmed the stability of the leading positions of the resource-saving and circular models across the considered scenarios.

Conclusions. The study shows that the proposed multicriteria model makes it possible to move from a narrowly economic interpretation of technological modernization to an integrated evaluation framework that takes into account the requirements of circular transformation. The practical value of the study lies in the possibility of using the proposed approach as an analytical tool for substantiating technological development priorities within the organizational and economic mechanism of circular enterprise management. Further research should focus on sector-specific adaptation of the criteria weights, expansion of the empirical basis for evaluating alternatives, and incorporation of dynamic digital indicators of material flow traceability and inter-enterprise symbiotic interaction.

References:

1. Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
2. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
3. Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
4. Kristoffersen, E., Blomsma, F., Mikalef, P., & Li, J. (2020). The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. *Journal of Business Research*, 120, 241–261. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044>
5. Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S., & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452–461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
6. Xie, Z., Tian, G., & Tao, Y. (2022). A multi-criteria decision-making framework for sustainable supplier selection in the circular economy and Industry 4.0 era. *Sustainability*, 14(24), Article 16809. <https://doi.org/10.3390/su142416809>
7. Tighnavard Balasbaneh, A., Aldrovandi, S., & Sher, W. (2025). A systematic review of implementing multi-criteria decision-making (MCDM) approaches for the circular economy and cost assessment. *Sustainability*, 17(11), Article 5007. <https://doi.org/10.3390/su17115007>
8. Suslikov, S. V., Hliznitsa, M. Yu., Kramskoi, D. Yu., & Kosmin, O. Yu. (2025). Comparative analysis of AHP and MCDM methods for information-analytical support of research on project selection in international trade. *Energy Saving. Power Engineering. Energy Audit*, 2(205), 109–122. <https://doi.org/10.20998/2313-8890.2025.02.08>
9. Ruda, M. V., Yaremchuk, T. S., & Bortnikova, M. H. (2021). Circular economy in Ukraine: Adaptation of European experience. *Management and Entrepreneurship in Ukraine: Stages of Formation and Problems of Development*, 3(1), 212–222. <https://doi.org/10.23939/smeu2021.01.212>
10. Horbal, N. I., & Lomaha, Yu. R. (2022). Circular economy as the basis for sustainable enterprise development. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series "Problems of Economics and Management,"* 1(9), 9–24. <https://doi.org/10.23939/semi2022.01.009>
11. Zlotnik, M. L., & Melnyk, O. H. (2020). Strategic management of implementing circular economy principles at domestic enterprises. *Entrepreneurship and Innovation*, 12, 112–119. <https://doi.org/10.37320/2415-3583/12.19>
12. Kulyniak, I. Ya., & Kopets, H. R. (2017). The analytic hierarchy process as a tool for assessing the level of innovation activity in the regions of Western Ukraine. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series "Problems of Economics and Management,"* 873, 60–71. <https://doi.org/10.23939/semi2017.01.060>
13. Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>

14. Ishizaka, A., & Labib, A. (2009). Analytic hierarchy process and Expert Choice: Benefits and limitations. *OR Insight*, 22(4), 201–220. <https://doi.org/10.1057/ori.2009.10>
15. Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336–14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>

Посилання на статтю:

Сусліков С.В. Багатокритеріальний підхід до обґрунтування пріоритетів технологічного розвитку підприємства в умовах циркулярної трансформації на основі методу аналізу ієрархій / С.В. Сусліков // *Економіка: реалії часу. Науковий журнал*. – 2026. – № 3 (85). – С. 89-96. – Режим доступу: <https://etr.economics.net.ua/files/archive/2026/No3/89.pdf>
<https://doi.org/10.15276/ETR.03.2026.9>. <https://zenodo.org/records/20684091>.

Reference a Journal Article:

Suslikov S.V. A Multi-Criteria Approach to Substantiating the Priorities of Enterprise Technological Development under Circular Transformation Based on the Analytic Hierarchy Process / S.V. Suslikov // *Economics: time realities. Scientific journal*. – 2026. – № 3 (85). – P. 89-96. – Retrieved from: <https://etr.economics.net.ua/files/archive/2026/No3/89.pdf>
<https://doi.org/10.15276/ETR.03.2026.9>. <https://zenodo.org/records/20684091>.



This is an open access journal and all published articles are licensed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0)